

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-013160

(43)Date of publication of application : 19.01.2001

(51)Int.Cl. G01P 15/02  
G01C 9/06  
G01C 9/18  
G01P 15/12

(21)Application number : 11-181220

(71)Applicant : UBUKATA SEISAKUSHO:KK

(22)Date of filing : 28.06.1999

(72)Inventor : URANO MITSUHIRO

TAKEDA TERUYUKI

MURATA HIROSHI

TERANISHI SATOSHI

TODA TAKASHI

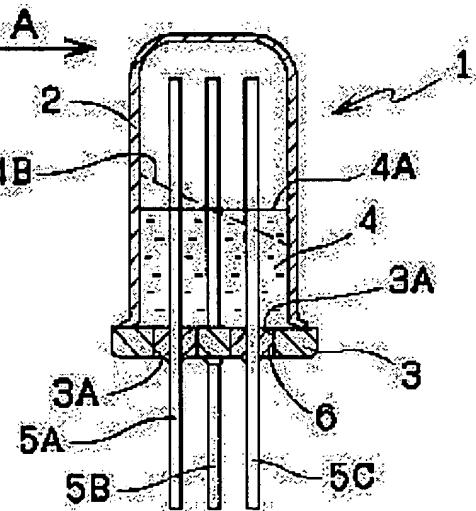
KOSEKI HIDEKI

## (54) ACCELERATION RESPONDING ELEMENT AND ACCELERATION SENSOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a small-size acceleration responding element outputting a sufficiently large output signal, allowing an easy distinction process between earthquake vibration and living vibration.

**SOLUTION:** This acceleration responding element 1 has a nearly cylindrical sealed vessel 2 that is a main electrode, and plural sub electrodes 5A, 5B disposed at even intervals. An electroconductive liquid 4 is enclosed in the sealed vessel 2 by a proper amount. When a slant angle of the sealed vessel 2 changes, a contact amount between the sub electrodes 5A, 5B and the electroconductive liquid 4 changes to cause a change in a resistance between the main electrode 2 and the sub electrodes 5A, 5B. By setting an inner diameter of the sealed vessel 2 to 4-25 mm, a resonance frequency can become higher than a frequency of an earthquake wave. By disposing the respective electrodes 5A, 5B at intervals above at least 1 mm from each other within a moving range of a liquid surface 4A, influence of viscosity of



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-13160

(P2001-13160A)

(43)公開日 平成13年1月19日 (2001.1.19)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 1 P 15/02  
G 0 1 C 9/06  
9/18  
G 0 1 P 15/12

識別記号

F I  
G 0 1 P 15/02  
G 0 1 C 9/06  
9/18  
G 0 1 P 15/12

テマコード\*(参考)

B  
E  
Z

審査請求 未請求 請求項の数11 O.L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平11-181220

(22)出願日 平成11年6月28日 (1999.6.28)

(71)出願人 591071274

株式会社生方製作所  
愛知県名古屋市南区宝生町4丁目30番地

(72)発明者 浦野 充弘

名古屋市南区宝生町4丁目30番地 株式会  
社生方製作所内

(72)発明者 武田 照之

名古屋市南区宝生町4丁目30番地 株式会  
社生方製作所内

(72)発明者 村田 寛

名古屋市南区宝生町4丁目30番地 株式会  
社生方製作所内

最終頁に続く

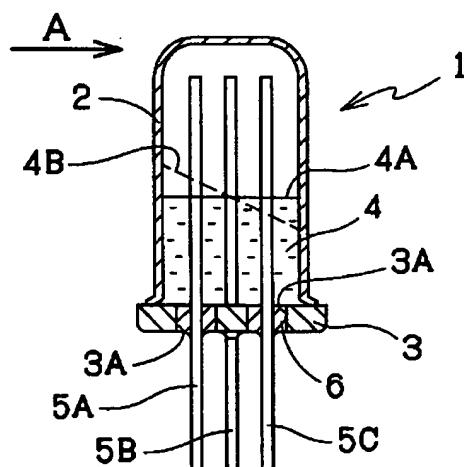
(54)【発明の名称】 加速度応動素子及び加速度センサー

(57)【要約】

【目的】 小形で出力信号が充分に大きく、かつ地震の震動と生活振動との判別処理をしやすい加速度応動素子を得る。

【構成】 加速度応動素子1は、主電極であるほぼ円筒形の密閉容器2を有し、複数の副電極5A、5B···が等間隔に配設されている。密閉容器内には導電性液体4が適量封入されており、密閉容器の傾斜角度が変わると副電極と導電性液体との接触量が変化して主電極と副電極との間の抵抗値が変化する。

【効果】 密閉容器の内径を4mm以上25mm以下とすることにより、共振周波数を地震波の周波数よりも高くすることができる。また各電極を液面4Aが移動する範囲内において互いに少なくとも1mm以上の間隔を有するように配置することにより、導電性液体の粘性が液体の動きに及ぼす影響を無視できる程度とができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 両端を閉じたほぼ円筒形の密閉容器を有し、この密閉容器には主電極と複数の副電極が互いに絶縁された状態で設けられ、この副電極はそれぞれ主電極との距離を同一にされるとともに等間隔に配設されており、密閉容器内には導電性液体が封入されていると共にこの導電性液体の量は正規姿勢において前記副電極の少なくとも一部が液面上に位置する量とされており、密閉容器が前記正規姿勢より傾斜角度及び傾斜方向を変えられることによって副電極と導電性液体との接触量が変化して主電極と副電極との間の抵抗値が変化する加速度応動素子において、密閉容器の内径を4mm以上25mm以下とし、各電極は液面が移動する範囲内において互いに少なくとも1mm以上の間隔を有するように配置されていることを特徴とする加速度応動素子。

【請求項2】 加速度応動素子の密閉容器は一端を閉じた円筒形の金属容器とこの金属容器の開口部に当接固定される金属製の円板からなり、この金属容器及び円板を主電極とし、この円板には副電極である金属製リード端子が電気絶縁的に貫通固定されていることを特徴とする請求項1に記載の加速度応動素子。

【請求項3】 副電極が4本配設されていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の加速度応動素子。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれか1項に記載の加速度応動素子と固定抵抗によってホイートストンブリッジ回路を構成するように各副電極を接続したことを特徴とする加速度センサー。

【請求項5】 請求項1乃至3のいずれか1項に記載の加速度応動素子を2個有し、この2個の加速度応動素子はリード端子の配置方向を所定の位置関係となる様に揃えて配設され、両加速度応動素子がホイートストンブリッジ回路を構成するように各副電極を接続したことを特徴とする加速度センサー。

【請求項6】 ホイートストンブリッジ回路と直列に基準用固定抵抗を接続し、ホイートストンブリッジ回路の電圧印加両端部と基準用固定抵抗の両端部との電圧の比率を測定することにより加速度応動素子の導電性液体の温度を検出しながら加速度及び加速度の変化状態を検出できるようにしたことを特徴とする請求項4または5に記載の加速度センサー。

【請求項7】 導電性液体の移動によって電気的出力としての信号を得ることができる加速度応動素子を有し、その加速度応動素子駆動用電源電圧の周期に同期して加速度応動素子からの出力をサンプリング処理することを特徴とする加速度センサー。

【請求項8】 加速度応動素子駆動用電源は交流正弦波であることを特徴とする請求項7に記載の加速度センサー。

【請求項9】 加速度応動素子駆動用電源は交流矩形波

であることを特徴とする請求項7に記載の加速度センサー。

【請求項10】 加速度応動素子と固定抵抗によってホイートストンブリッジ回路を構成するように接続したことを特徴とする請求項7乃至9のいずれか1項に記載の加速度センサー。

【請求項11】 加速度応動素子を2個有し、この2個の加速度応動素子はリード端子の配置方向を所定の位置関係となる様に揃えて配設され、両加速度応動素子がホイートストンブリッジ回路を構成するように接続したことを特徴とする請求項7乃至9のいずれか1項に記載の加速度センサー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】小形で取り扱いが容易で振動の大きさ或いは傾斜角度に比例して変化する信号を出力する加速度応動素子および加速度センサーを得る。

【0002】

【従来の技術】従来の加速度センサーとしては鋼球などの振動子によって接点を開閉するものが知られている。しかしながらこの様な加速度センサーでは信号出力はオンかオフのどちらかでしかないので、振動の大きさが一定の閾値以上かそれ未満かを知ることができるために過ぎず、例えば地震の大きさに応じて表示や処理を変える必要のある地震器を得ようとする場合においては振動に対する感度の異なる複数の加速度センサーを多数用いる必要があった。

【0003】これに対して振動の大きさを連続的に知ることのできる加速度センサーとしては圧電素子を使用したものや静電容量変化を検出するものがある。圧電素子を使用したものは振動加速度に応じて撓むカンチレバーなどに圧電素子を配置して撓み量に応じて電圧を発生するものである。また静電容量を検出するものはカンチレバーの振動による動きによりその先端部と壁面との間の静電容量の変化により振動の大きさを検出するものなどがある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし圧電素子を用いたものは発生する電荷が少ないために増幅器が不可欠であり、また加速度の変化量に応じて電圧を発生する構造であるために傾斜した状態の様にセンサーに一定の加速度が持続する状態を検出することはできない。静電容量式のものは小形にした場合、必要とする静電容量を得るために対向する電極間の距離を極めて高い精度で間隔も小さく設定しなければならず、その小形化には困難を伴なう。

【0005】さらにこれらのものは小形にするとカンチレバー先端部に設けた重錘部がわずかな質量にしかならないために、信号を発生できるようにカンチレバーを充分撓ませて感度を向上させようとするとカンチレバーの

剛性を抑制する必要がある。そのために取り扱い時に発生する衝撃加速度が前記の剛性を容易に超えてしまいカンチレバーが変形したり破損するなどして、特性変化や故障を起こすと言う感度に対する耐負荷加速度の問題がある。

【0006】そこで本出願人は特願平11-129280及び特願平11-143163において液体を使用し、加速度によって液体が移動することで出力を変化する加速度センサー及び加速度応動素子について提案した。この加速度センサーは複数の電極が貫通固定された円筒形の密閉容器中に導電性液体を封入し、加速度や傾斜による電極間の抵抗変化を検出するものである。この加速度センサーは振動による液面の変動に伴う電極と導電性液体の接触面積の変動を利用するものである。このような構造の場合、容器の直径が大きい方が液面の変動距離が大きくなるのでセンサーの信号出力も大きくなるが、液体の共振周波数が低くなるので特に地震器に使用するときに地震による振動周波数とこの共振周波数が重なってしまい、地震による揺れの大きさを正確に測定できなくなる可能性がある。また容器を小形にした場合には液面の変動距離が短くなるだけでなく、各電極間距離が狭くなると液体の粘性や表面張力による影響が無視できなくなり、導電性液体の動作に制動がかかり加速度に対してセンサー出力が充分に追従できなくなる可能性がある。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】そこで本発明の加速度応動素子においては、両端を閉じたほぼ円筒形の密閉容器を有し、この密閉容器には主電極と複数の副電極が互いに絶縁された状態で設けられ、この副電極はそれぞれ主電極との距離を同一にされるとともに等間隔に配設されており、密閉容器内には導電性液体が封入されていると共にこの導電性液体の量は正規姿勢において前記副電極の少なくとも一部が液面上に位置する量とされており、密閉容器が前記正規姿勢より傾斜角度及び傾斜方向を変えられることによって副電極と導電性液体との接触量が変化して主電極と副電極との間の抵抗値が変化する加速度応動素子において、密閉容器の内径を4mm以上25mm以下とし、各電極は液面が移動する範囲内において互いに少なくとも1mm以上の間隔を有するように配置されていることを特徴としている。

【0008】本発明によれば密閉容器の内径を4mm以上25mm以下とすることにより、共振周波数を地震波の周波数よりも高くするとともに、各電極を互いに少なくとも1mm以上の間隔を有するように配置することにより導電性液体の粘性が液体の動きに及ぼす影響を無視できる程度とすることができる。

【0009】また本発明の加速度応動素子は、加速度応動素子の密閉容器は一端を閉じた円筒形の金属容器との金属容器の開口部に当接固定される金属製の円板から

なり、この金属容器及び円板を主電極とし、この円板には副電極である金属製リード端子が電気絶縁的に貫通固定されていることを特徴としている。

【0010】さらにリード端子を4本配設することにより加速度のX方向及びY方向の成分を捉えることができる。

【0011】さらに本発明の加速度センサーは、加速度応動素子と固定抵抗によってホイートストンブリッジ回路を構成するように各副電極を接続したことを特徴としている。

【0012】また本発明の加速度センサーは、上述の加速度応動素子を2個有し、この2個の加速度応動素子はリード端子の配置方向を所定の位置関係となる様に揃えて配設され、両センサーがホイートストンブリッジ回路を構成するように各副電極を接続したことを特徴とする。

【0013】さらにホイートストンブリッジ回路と直列に基準用固定抵抗を接続し、ホイートストンブリッジ回路の電圧印加両端部と基準用固定抵抗の両端部との電圧の比率を測定することにより加速度応動素子の導電性液体の温度を検出しながら加速度及び加速度の変化状態を検出できるようにしたことにより、導電性液体などの温度変化による特性の変化に対して補正を行うことができる。

【0014】また導電性液体の移動によって電気的出力としての信号を得ることができる加速度応動素子を使用する場合において、加速度応動素子駆動用電源を交流正弦波や交流矩形波のような交流電源とし、この電源電圧の周期に同期して加速度応動素子からの出力をサンプリング処理することにより、導電性液体の電気分解や分極による特性の変化を防ぐとともに交流波であっても正確な加速度信号をより容易に得ることができる。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明について説明する。図1は本発明の加速度応動素子1の縦断面図である。この加速度応動素子1は一端を閉じた円筒形の金属容器2とこの容器の開口端を閉じる金属製の円板3とを有している。容器2と金属板3とは例えば抵抗溶接の一種であるリングプロジェクション溶接によって固着されることにより密閉容器を構成しており、この金属製の容器2及び金属板3は加速度応動素子1の主電極となる。この密閉容器の内部には容器やリード端子の材質に対する腐食性が無い事等を考慮して選定された導電性液体4が、所定量封入されている。本発明では金属容器2の内径は4mm以上25mm以下としている。金属容器の内径をこの範囲とする事により、加速度応動素子の共振周波数は5～20Hzの間に位置する。

【0016】金属板3には複数の貫通孔3Aが等間隔に穿たれている。実施例では図2の斜視図に示す様に貫通孔3Aは4個所穿たれ、各々の貫通孔には副電極である

金属製のリード端子5A乃至5Dが導電性液体4の液面が移動する範囲内において互いに少なくとも1mm以上の等間隔で配設されて、ガラスなどの電気絶縁性充填材6によって固定されている。また副電極である各リード端子は主電極である金属容器2の内面に対しても少なくとも1mm以上の間隔を持ち、且つ各リード端子と密閉容器内面との距離は等間隔にされている。なお、図示は省略するが4個の貫通孔3Aをまとめた大きさの一つの貫通孔に対してガラスなどの充填材により複数のリード端子を貫通固定しても良い。上記リード端子5A乃至5Dは容器の内部に大きく突出しており、図1に示す正規姿勢において前記導電性液体4の液面4Aよりも上方に先端が出る様に配置されている。この加速度応動素子1は加速度を受けると導電性液体が移動することによって主電極と副電極の間の抵抗値を変化して電気的出力としての信号を得ることができるものである。

【0017】本実施例では加速度応動素子の共振周波数は可動部である導電性液体の種類と密閉容器の大きさとの関係から決まるものであり、密閉容器の内径と共振周波数の関係を図14のグラフに示す。このグラフでも明らかな様に密閉容器の内径が小さいほど共振周波数は高くなり、逆に内径が大きいほど共振周波数は低くなる。共振周波数付近では他の周波数に比較して加速度応動素子からの出力が大きくなるので、後述する様に信号を補正処理することにより共振周波数による影響を低減させることができる。しかし密閉容器の内径を25mmよりも大きな値に設定すると共振周波数が5Hz未満となるので地震による共振周波数と共振周波数が重なってしまい、加速度応動素子からの信号出力を補正処理しても振動の正確な大きさを検出することが困難になる。

【0018】一方、内径を4mm未満とすると複数のリード端子を挿入した本発明のような構造においては、前述した電極間の距離を1mm以上とすることが非常に困難になる。この場合も例えばリード端子の直径をより細くすることによって寸法的にはより多くの余裕を持たせることができるが、本実施例においてはリード端子の直径が0.5mmとされており、これよりも直径を細くした場合には導電性液体の動きによってリード端子がしなる等の影響が出て正確な加速度検出ができなくなる可能性がある。また電極間距離が狭い場合、電極間の抵抗値は導電性液体の固有抵抗値を調整することによって調整することができるが、液面が移動する範囲内において液体自身の粘性や表面張力等による導電性液体の動きに及ぼす影響が無視できなくなる。特に粘性の影響は大きく、振動時に電極間の導電性液体の動きは阻害されて速やかに移動できず、振動に対して確実な追従をしなくなり加速度応動素子の出力も振動波形を再現することができなくなる。

【0019】そこで本発明の一具体例では密閉容器の内径を4mm以上25mm以下とすることにより、共振周

波数を地震波の周波数よりも高くするとともに、各電極を液面が移動する範囲内において互いに少なくとも1mm以上の間隔を有するように配置したことにより導電性液体の粘性や表面張力が振動時の液体の動きに及ぼす影響を無視できる程度に小さくすることができる。

【0020】導電性液体4としては実施例では導電性を持たないシクロヘキサンを溶媒とし、電解質として硝酸リチウムを溶解したものを使用している。例えば導電性液体としてはこの他にも、それ自体が導電性を持った液体やそれ自身では導電性を持たない溶媒に電解質を溶解したものを使用することができる。その例としてはメチルアルコールやエチルアルコール、イソプロピルアルコール、アセトンやシクロヘキサン、エチルメチルケトン、ジエチレングリコールモノブチルエーテルなど、及びこれらにヨウ化カリウムなどの添加剤を加えることにより導電性を調整したものが挙げられる。これらの液体の動粘度は常温で0.4~3.5mm<sup>2</sup>/s程度の間にあるが、動粘度が低いと液体が跳ねやすくなりまた高いと振動に対する追従性が低下することから、1.0~2.0mm<sup>2</sup>/sの範囲とすることが好ましい。

【0021】この加速度応動素子1は金属容器2又は金属板3を一方の端子として各リード端子5A乃至5Dとの抵抗値を検出することにより導電性液体4の液面4Aの傾斜方向及び傾斜角度を知ることができる。例えば矢印Aで示す方向に加速度を受けた時には液面4Aは図1の点線4Bで示すように傾斜する。このとき一方のリード端子5Aは導電性液体4との接触部分が増加し、他方の5Cは液体との接触部分が減少する。またこの場合、リード端子5B及び5Dを結ぶ方向の加速度成分はないので、リード端子5B及び5Dは液面の傾斜の中心に位置し液体との接触部分に実質的な変化は無く、液面が円筒部内面と接触している範囲では導電性液体と密閉容器との接触面積は変化しない。そのため主電極である容器と副電極であるそれぞれのリード端子との間の抵抗値を検出比較することにより液面の傾斜方向及び傾斜角度を知ることができ、さらにこの液面の傾斜角度から加速度の大きさを知ることができる。

【0022】次に感震器などとして使用するために加速度応動素子1を使った加速度センサー101の等価回路の例を図3に示す。この加速度センサー101では容器2は後述するホイートストンブリッジ回路に対するブリッジ電源Vの一端Aに接続されるとともに、導電性液体4を介してリード端子5A乃至5Dと接続される。このブリッジ電源Vは正弦波を発生する交流電源であり、正負の電流を交互に加速度応動素子1に印加する。ここで加速度応動素子1に接続する電源を交流正弦波としたのは導電性液体4の直流電流による電気分解や液体の分極による抵抗値の変化を避けるためであり、例えばこれに換えて実質的に電気分解を起こさないような交流矩形波を印加しても良いことはもちろんである。

【0023】容器2とそれぞのリード端子5A乃至5Dとの間の導電性液体による抵抗部はR5A乃至R5Dで示す。各リード端子の他端はそれぞれ固定抵抗R1乃至R4を介してブリッジ電源Vの他端Bに接続されることにより加速度応動素子1と固定抵抗R1乃至R4で2組のホイートストンブリッジ回路（以下単にブリッジ回路と称する）が構成される。ここで図1のリード端子5A及び5Cを結ぶ仮想直線の方向（図の左右方向）を加速度応動素子1に対するX方向とし、それに直交するリード端子5B及び5D（図示せず）を結ぶ方向（図の前後方向）と同じくY方向とすると、一方のブリッジ回路の中間点X1及びX2間での電圧変化を検出することでX方向の液面傾斜角度を、また同様に他方のブリッジ回路の中間点Y1及びY2間での電圧変化を検出することでY方向の液面傾斜角度を知ることができる。そしてここで得られたX方向とY方向の傾斜を合成することにより液面の実際の傾斜角度、つまり加速度センサー101に加えられた加速度を得ることができる。ここで實際には各ブリッジ回路の中間点の電圧変化はブリッジ回路に印加される駆動電源の交流変化と振動による変化とを重ね合わせた形で出力されるために、測定された電圧を印加している電圧の変化に合わせて処理するか、電圧を測定するタイミングを駆動電源と同期させる必要があるがこの点については後述する。

【0024】次にこの加速度センサー101による加速度の検出について説明する。實際には加速度センサー101にはブリッジ電源Vから交流の正弦波や矩形波が印加されるが、理解を容易にする為にブリッジ電源VからはAの側を+電源、Bの側を接地とした直流の定電圧が印加されているものとして説明する。加速度応動素子1が正規姿勢にあり且つ水平方向の加速度を受けていない状態ではリード端子5A乃至5Dは同じように導電性液体4と接触しているので、リード端子5A乃至5Dと容器2との間の抵抗部R5A乃至R5Dは實質的に等価の抵抗値となり、固定抵抗R1乃至R4の抵抗値を實質的に等しく揃えておくことにより各ブリッジ回路の中間点X1、X2、Y1ならびにY2の電位は同一の値となり、それぞのブリッジ回路が有する各中間点間の電位差は零である。

【0025】ここで例えば加速度応動素子1が図1の矢印Aの方向に加速度を受けた場合には液面は4Bのように傾き、リード端子5Aと液体との接触量が増えるのでリード端子5Aと容器2との間の抵抗値R5Aは低下して中間点X1の電源の他端Bに対する電位はリード端子と液体との接触量にほぼ比例して上昇する。一方でリード端子5Cと液体との接触量は減るので抵抗値R5Cは増加して中間点X2の電源の他端Bに対する電位は低下する。このブリッジ回路の中間点X1、X2間の電位差を検出することによって導電性液体4の液面がX方向に対して傾斜したことが検出されると共にその傾斜角度が

求められる。さらに中間点Y1及びY2の電位差からY方向の傾斜角度を求めて、前記X方向の傾斜角度と合成することにより液面の実際の傾斜角度を求めることができ、この傾斜角度から加速度検出装置が受けた加速度の大きさを知ることができる。またX方向及びY方向両加速度の大きさと向きから加速度センサー101に加えられた加速度の方向を知ることもできる。

【0026】この加速度センサー101は液面の傾斜によるリード端子と容器との電気抵抗値の変化を検出するものであるから、自動車などの移動体の加速度及び減速度の検出はもちろん、上述した様に地震のような比較的周波数の低い振動の検出や、さらに加速度センサー101が一方向に傾いていく場合のように加速度が交番的変化をしない場合や、一定角度に傾斜したまま変化しない状態も確実に検出ができる。また上述の説明では加速度センサーの初期姿勢を副電極である各リード端子が同じ寸法液体に浸る正規姿勢であることを前提に説明したが、センサーからの信号の処理装置や判定装置の側にオフセット処理機能を設けた場合には加速度の発生していない初期の姿勢におけるX方向及びY方向の電位差を基準とすることができる。通常このオフセット処理によって使用可能とされる加速度応動素子の初期許容傾斜角度は正規姿勢に対して取付誤差となる5～6度、特別なものであっても10度程度までであり、この範囲内であれば素子の傾斜による出力特性の変動は誤差の範囲内と見なすことができる。この様に初期姿勢に基く出力信号のオフセット処理を行う場合は加速度応動素子や加速度センサーの取付姿勢を厳密にする必要が無くなるので取付作業が容易になる。

【0027】ここで加速度センサー及び加速度応動素子が上述の許容傾斜範囲を超えて規定以上傾いている場合には、振動加速度に対するセンサーからの出力特性が正規姿勢の時とは大きく変わる可能性がある。このように加速度センサーが規定以上傾いている場合にも初期姿勢に対する出力信号のオフセット処理及び出力特性の変動に対する補正処理を行うことによって加速度センサーを使用することは可能ではあるが、このような場合には複雑な信号処理を必要とするので信号処理回路が複雑で高価なものになる。しかし實際には規定以上傾くのは初期の取付姿勢不良か事故などによる傾きによるものであるから、どちらも異常として処理するべきものであり複雑な信号処理は必要ない。

【0028】またブリッジ回路を設けなくても、例えば加速度センサーの各抵抗部の抵抗値（電圧）を直接測定することによって加速度応動素子の液面の傾斜を検出することはできるが、実施例の場合には加速度センサー101が正規姿勢で抵抗部の抵抗値が500kΩであるのに対して液面が10度傾いても抵抗値は20kΩ程度しか変化しない。そのため抵抗部両端の電圧変化の解析能力を充分に得るには、数パーセントの変化分のために信

号処理回路として電圧の最大レンジに対して高い分解能を持つ高性能のものが必要となる。これに対してブリッジ回路を組んだ場合には、加速度センサーの出力部の電位差を見るだけなので信号処理回路による信号の分解能は加速度センサーからの最大出力をフルレンジとし、この出力に対する分解能を有していれば良いので回路の設計が容易になる。

【0029】本発明の加速度センサーの加速度応動素子は前述の如き導電性液体を使用しているが、これらの導電性液体は一般に温度に対する固有抵抗が変化するものであり、前述したブリッジ回路の様に温度による抵抗値変化の小さい固定抵抗と組み合わせて使用すると周囲温度が変化することによってブリッジ回路から出力される電位差が変化してしまうことがある。つまり液面の傾斜時にブリッジ回路の中間点に生ずるべき電位差が液体の温度によって変動して、液面の正確な傾斜角度の測定、つまり加速度センサーに対する加速度または傾斜角度の測定ができなくなる可能性がある。この問題を解決するためには導電性液体の温度を正確に把握し、その温度によってセンサーからの出力を補正する必要がある。しかしサーミスタや熱電対などで導電性液体の温度を検出する場合には、加速度応動素子の容器の中にこれらを入れるには小形のセンサーにおいては困難であると同時に導電性液体の挙動に影響を生ずる恐れがあり、また容器の外側につけた場合には周囲温度と導電性液体との温度差が生ずるために正確な温度を把握できない可能性がある。

【0030】そこで本願発明においては図3の回路図に示すようにブリッジ回路と直列に基準用の固定抵抗を接続し、ブリッジ回路の電圧が印加される両端部と固定抵抗の両端部との電圧の比率を測定・処理することにより加速度応動素子の導電性液体の温度を検出している。図3の実施例の場合、2つのブリッジ回路の共通した主電極である金属容器2と電気的に直列に温度検出用の基準用固定抵抗 $R_A$ （以下基準抵抗という）が接続されている。この基準抵抗 $R_A$ はセンサーの使用温度範囲での温度変化では抵抗値の変化は無視できる通常の固定抵抗であり、その抵抗値はブリッジ回路の抵抗値よりも充分に小さく設定されている。例えば実施例では両ブリッジ回路の合成抵抗が常温で約250kΩであるのに対して基準抵抗 $R_A$ の抵抗値は10kΩとされている。

【0031】この基準抵抗 $R_A$ が通常の固定抵抗であり使用温度範囲内、例えば-30乃至80°Cでは実質的に抵抗値が変化しないのに対し、ブリッジ回路を構成する加速度応動素子の導電性液体は温度による固有抵抗の変化が大きい。そこでこのブリッジ回路の合成抵抗値を測定すれば、実質的に導電性液体の抵抗値を測定することとなり、この抵抗値から導電性液体の温度を知ることができる。この抵抗値はブリッジ回路の電圧が印加される両端部の電圧と、実質的に抵抗値の変化しない基準抵抗

の両端部の電圧との比較、つまり両電圧の比率から測定することができる。

【0032】この点について説明すると、例えば導電性液体としてシクロヘキサンノンに硝酸リチウムを溶解したものを使用した本実施例では、温度が上昇すると導電性液体の抵抗値は低下する。具体的には各抵抗部 $R_5 A$ 乃至 $R_5 D$ の抵抗値はそれぞれ-30°Cの時には約1200kΩであるのに対して80°Cでは約350kΩにまで低下して、これに伴って図3の回路上に示す両ブリッジ回路によるD-E間の合成抵抗値は固定抵抗を500kΩとした場合、-30°Cでは425kΩであるのに対して80°Cでは約210kΩにまで低下する。この場合も固定抵抗である基準抵抗 $R_A$ はこの加速度センサーの使用温度範囲では抵抗変化は事実上無視することができC-D間の抵抗値は一定と見なすことができる。

【0033】なお加速度センサーが傾斜した場合、D-E間の合成抵抗値は変動するが、その変動値は傾斜によって各抵抗部間に10%の抵抗変化が生じた場合でもセンサーのブリッジ回路全体の抵抗変化はわずかであり無視することができる。具体的にはブリッジ回路の固定抵抗と正規姿勢時の抵抗部との抵抗値がほぼ同じ場合でD-E間の合成抵抗値の変化率は0.25%、さらに使用温度範囲の下限温度で導電性液体の抵抗値が固定抵抗の2.5倍程になったとしても上記変化率は0.5%程度である。

【0034】温度変化によるこのようなD-E間の抵抗変化により、C-E間に電圧をかけたときのC-D間の電圧 $V_R$ とD-E間の電圧 $V_S$ との比率が変動する。ここでこの電圧比からC-D間の抵抗値は予め判っているのでD-E間の抵抗値が判り、さらにブリッジ回路に使用されている固定抵抗 $R_1$ 乃至 $R_4$ の抵抗値は判っていることから導電性液体の抵抗変化を検出することができる。このように基準抵抗 $R_A$ とブリッジ回路との電圧の比率を計測することで導電性液体の温度を知ることができる。さらにC-E間に印加されている電圧値は $V$ であることが予め判っている場合には、C-D間の電圧を測定すればD-E間の電圧は自動的に決まるので、間接的に上述した比率の測定をしたことになり導電性液体の温度を事実上知ることができる。従ってこの場合には基準抵抗 $R_A$ の両端にかかる電圧 $V_R$ 自体が導電性液体の温度を示す信号となる。またD-E間の電圧 $V_S$ のみを測定する場合も同様に扱うことは容易に理解できる。

【0035】例えば加速度センサーからの出力信号の後述する補正処理においてこの温度情報を使用することにより、導電性液体の温度による粘度や共振周波数の変化に合わせて適切な信号処理を行うことができる。またセンサーを取り付けた機器全体の温度が同様に変化していると見なせるならば、この温度情報を機器自体の制御部分に入力することにより機器全体に対して温度変化に応

じた制御を行うことができる。

【0036】また図4に示す様に実質的に同一の加速度応動素子を2つ用いてブリッジ回路を構成することによりブリッジ回路全体が温度変化に対して同様に抵抗変化させることができる。この方法によれば、ブリッジ回路の抵抗変化に対する出力変化を抑えるとともに、ブリッジ回路からの出力を大きくすることができる。この例について図4及び図5を参照して説明する。この加速度センサー201の回路においては2つの加速度応動素子1と11が使用される。これらの加速度応動素子はどちらも前述した様に導電性液体を使用したものであり、その構成はどちらも前述した例と同一である。

【0037】この加速度センサー201においては加速度応動素子1と11は副電極であるリード端子の配置方向を揃えて配設され、一方の加速度応動素子1の容器2は基準固定抵抗 $R_A$ を介してブリッジ電源Vの一方の端子Aに接続され、また他方の加速度応動素子11の容器12はブリッジ電源Vの他方の端子Bに接続される。さらに各々のリード端子同士は所定の組み合わせで接続されて2つのブリッジ回路を構成している。リード端子同士の接続の組み合わせは、X軸上のもの同士とY軸上のもの同士とし、さらに傾斜時には一方の抵抗値が上がると他方が下がる組み合わせとしている。具体的には図5の配線図に示すように加速度応動素子1のリード端子5Aを加速度応動素子11のリード端子15Cに、またリード端子5Cをリード端子15Aに接続している。また詳しい図示は省略しているが、リード端子5B及びリード端子15Bも対応するリード端子15D及び5Dと接続されることは図4を参照すれば明らかである。この例において矢印Aで示すX軸方向に加速度が働くと、リード端子5A及びリード端子15Aの側に液体2が偏るので抵抗 $R_5A$ 、 $R_{15A}$ は減少し抵抗 $R_5C$ 及び $R_{15C}$ は増加する。

【0038】加速度センサーを図4のような回路とした場合、電源の他端Bに対するブリッジ回路の中間点X1の電位は前述の固定抵抗を使用したものと比較して同じ加速度でもほぼ2倍近くに上昇し、且つ中間点X2では同様に電位が従来の2倍程度下がるため、加速度センサーの実際の出力である電位差もまた前述のものと比較して2倍の変化量となる。そのため特に微小な加速度において電位の変化に基く出力電圧が大きくなり加速度の検出がより確実になる。また加速度にY軸方向の成分が含まれている場合には中間点Y1及びY2でもX1、X2と同様の電位変化を起こすことは容易に理解できるところである。

【0039】さらにこの加速度センサーの回路では同じ構造の加速度応動素子を使用しているので、抵抗部分が同じ導電性液体であるから、周囲温度の変化に伴なって導電性液体の固有抵抗が変化しても直列につながれた部分、例えば抵抗 $R_5A$ と $R_{15C}$ が同様に抵抗変化を起

こすためにその中間点X1の電位に影響はない。また抵抗変化を起こしても液面の傾斜による $R_5A$ と $R_{15A}$ の抵抗変化率は変わらないので中間点X1の電位変化も変わらない。各ブリッジ回路の抵抗部 $R_5A$ 乃至 $R_5D$ 、及び $R_{15A}$ 乃至 $R_{15D}$ はすべてこのように変化するため、周囲温度が変化してもブリッジ回路としての特性は実質的に変化せず、つまり温度変化による検出値への影響を補償することができる。なお、この実施例においても前述の例と同様にブリッジ回路と直列に基準用固定抵抗 $R_A$ を接続しており、ブリッジ回路の電圧が印加される両端部と固定抵抗 $R_A$ の両端部との電圧の比率を測定・処理することにより加速度応動素子内の導電性液体の温度を検出することができる。この温度情報を用いて加速度センサーからの出力信号を補正処理することにより、加速度センサーの信号をより正確に補正することができ、またこの温度情報をセンサーが取付けられた機器自体の制御部分に入力することにより機器全体に対して温度変化に応じた制御を行うことができる。

【0040】次にこの加速度応動素子を使った加速度センサーを地震波検出の為に使用する場合の信号処理方法について説明する。地震波検出においては地震の主な振動周波数である1~5Hzから必要に応じて10Hz程度までの低い周波数の振動を検出する。

【0041】ところで地震波を検出するための感震器は都市ガスやプロパンガスのマイコンメータなどに組み込まれて使用されることがあり、この場合使用温度範囲が-30~+80°C程度であるので、これに用いられる加速度センサーの導電性液体にはできるだけ温度による粘度変化が少ないと、特に低温時にも比較的粘性が低いことが求められる。そのため導電性液体としてはメチルアルコールやエチルアルコール、アセトンのように粘性が低い液体、及びこれらを溶媒として導電性を調整するための添加剤を溶解したものを用いてもよい。実施例では前述した様に導電性を持たないシクロヘキサンを溶媒とし、電解質として硝酸リチウムを溶解したものを使用している。これらの液体は凝固点が低く、上記使用温度範囲でも液体の流動性を確保することができると共に粘度変化が比較的少ないので、加速度センサーは安定した動作特性を得ることができる。

【0042】図1に示すように液体を用いた加速度センサーを振動検出に用いると、可動部である液体と容器によって決まる共振周波数付近で導電性液体の動きは大きくなる。しかし從来例として述べた鋼球などの振動子によって接点を開閉するものや圧電式や静電容量式のもの等の可動部が固体のセンサーにおいては共振を起こした時に可動部の支持部や可動部と接触する部分が破壊に至ることが多いのに比べて、図1に示したような本発明の加速度センサーの場合は可動部が液体である為に共振周波数における可動部の共振運動は固体のものと比較してその衝撃力が小さく破壊の心配は全く無い。この共振

周波数は液体の粘性及びセンサー容器の大きさやリード端子の寸法などにより決まるが、例えば容器の内径を10~15mm程度とした場合には前述の液体を使用すると共振周波数は概ね7Hz前後の範囲に位置する。この共振周波数付近の周波数領域では導電性液体の動きが大きくなるので、振動周波数に対する加速度センサーの出力特性（以下周波数特性と言う）としては、出力電圧が他の周波数の振動による出力電圧と比較して高いものとなる。その結果、この加速度センサーを地震波検出のために用いた場合においては共振周波数付近では小さい加速度でも大きな出力電圧を出すので、地震波検出において誤判定を生ずると言う問題がある。

【0043】この周波数特性を図6に示す。加速度センサーの周波数特性は一定振幅の振動加速度が印加された場合に図6(A)の曲線L<sub>1</sub>の如く、その出力電圧は共振周波数f<sub>R</sub>を中心としてその前後の周波数でも上昇する傾向がみられる。ここでこの加速度センサーを地震検出のための感震器に用いる場合、この共振周波数が10Hz前後に存在することが問題になる。

【0044】つまり地震波の周波数が主に1~5Hzであるのに対して、人や物が当たったり自動車の通過や工事現場からの振動等による生活振動による振動波は主に10Hzを超える。しかし共振周波数f<sub>R</sub>を10Hz以下、例えば7Hz程度に設定しても、生活振動のうち特に周波数の低い部分においては加速度センサーの感度が上がり、感震器としては誤動作を起こす可能性が高くなる。また地震波についても周波数成分の高い側において感度が上がる所以、振動の周波数成分が高くセンサーの共振周波数に近いと通常は特に問題とならない弱い地震であっても大きな地震であると誤判断をしてしまう可能性がある。そのため地震波全般に均一な感度を持ちなおかつき生活振動で誤動作を起こさない様にするには加速度センサーの信号を補正処理する必要がある。

【0045】そこで本実施例の加速度センサーにおいては加速度応動素子からの出力を所定のサンプリング間隔で所定の回数計測し、この間の値の平均値を加速度の値として評価している。この方法によればサンプリング間隔（つまりサンプリング周波数）と1つの平均値を得るために加速度応動素子からの値をサンプリングする回数を予め決めておくことにより、任意の振動周波数、例えば共振周波数に対して検出回路の感度を実質的になくすことができる。またこの処理により加速度応動素子の共振周波数よりも低い地震波の周波数成分では加速度応動素子からの出力の補正是あまり行わず、任意の周波数に近づくにつれて順次その補正量を大きくしていくことができるので、共振周波数に向かっての加速度応動素子からの出力の上昇分を相殺することができ、図6(B)に曲線L<sub>2</sub>で示す如く共振周波数f<sub>R</sub>での感度の上昇は補正される。こうして加速度センサーの傾斜状態による検出信号はもちろん、長い周期の振動から任意の周波数の

振動による検出信号までの周波数領域において、同一加速度での加速度センサーからの出力信号をほぼ均一になるようにすることができる。

【0046】この補正について図7乃至図11を参照して説明する。これらの例では理解を容易にするためにセンサーを加振するための振動波形として正弦波を使って説明する。また加速度センサーが構成するブリッジ回路への駆動電源としては液体の電気分解等を防ぐために交流矩形波を印加している。この図7は補正前後の信号の出力比と振動周波数との関係を示すものであり、図8は図7の曲線を説明するための各振動周波数における波形図である。また図9はこの補正処理を行う回路の一実施例をブロック図で示したもの、図10はセンサーからの信号処理の流れを示す図、図11はセンサーからの出力の取込み方を説明するための図である。

【0047】図9に示す回路は前述の例で加速度センサー101や102として示したものと同様のセンサー21と、このセンサーからの信号を処理するためのマイクロコンピュータ（以下マイコンと称する）22を有している。本実施例においてこのマイコン22は図10に示すうちの、電源供給部41、認識部42、補正部43、合成部44及び温度検出部45を機能として有している。なお、必要ならばこれらの各機能の一部または全部をマイコンから独立させて設けることもできる。センサー21は図4に示した加速度応動素子1による加速度センサーと同様のブリッジ回路を有している。マイコン22のセンサー21側にはセンサーのX方向の出力端子X1、X2の電位差をアナログ信号からデジタル信号に変換するためのA/Dコンバータ23、及びY方向の出力端子Y1、Y2の電位差をデジタル信号に変換するA/Dコンバータ24が接続され、また他方にはマイコン22からの出力信号をデジタル信号からアナログ信号に変換するためのD/Aコンバータ25が接続されている。

【0048】続いてこの回路の動作について説明する。まず電源を入れると安定化回路26により前述のマイコン22、A/Dコンバータ31、D/Aコンバータ25、アンプ29の各部に駆動用の電流が通電されると共に、基準電圧回路27が駆動される。この基準電圧回路27はセンサー21に基準電圧V<sub>ref</sub>2を、またA/Dコンバータ23、24、31に基準電圧V<sub>ref</sub>1を供給する。本実施例ではセンサー21へ供給される駆動用電圧として、マイコン22の電源供給部41からセンサー21のブリッジ回路を駆動する為の所定周期の矩形波が出力される。実施例では5Vで駆動されるマイコン22の電源供給部41は0V~5Vの矩形波を出力する。この矩形波は波形調整回路28により0V~3Vに振幅を調整されるとともにオフセットされて±1.5Vの交流矩形波とされ、温度検出のための基準抵抗30を経てセンサー21に入力される。

【0049】こうして電流を供給されるとセンサー21

のブリッジ回路の中間電極からセンサー内の導電性液体の電極に対する液面の傾斜角度に対応した電位差の信号がマイコン22の認識部42へと出力される。このときセンサー21から出力される信号は、ブリッジ回路駆動用の矩形波が変調されたものとなる。これを図11で説明する。センサー駆動用の電源供給部41から波形調整回路28を経て矩形波52が供給されている場合、波形51に示すような加速度をセンサー21に供給すると、センサーのブリッジ回路からは加速度に応じて変調された信号出力53が出力される。この段階では出力信号53は所謂アナログ信号であるが、A/Dコンバータ23または24によってデジタル信号に変換される。

【0050】このA/D変換された信号はマイコン22の認識部42によってサンプリング及び蓄積される。本実施例では認識部42はセンサーによって構成されたブリッジ回路を駆動する電源である矩形波52の周期と同期して信号出力53の出力をサンプリング処理している。ここで元の信号出力53は矩形波52に同期して極性を変えている。そのため認識部42が信号出力53をサンプリング処理するタイミングを矩形波の周期と無関係にすると、サンプリングされた出力データはセンサー駆動用電源と振動波形との双方により極性が変化するデータとなる。そのため極性変化の原因が駆動電源の波形によるものか振動波形によるものかが不明になり、振動波形を検出するためにはこの極性変化をマイコン等によって判定処理することが必要となりデータの処理が非常に複雑になる。

【0051】そこで本実施例では認識部42はセンサー駆動用電源である矩形波52の周期と同期して信号出力53の出力をサンプリング処理している。また矩形波52の立ち上がり部分では電圧がオーバーシュートして矩形波及び信号出力の電圧が不安定になる可能性があるので、実施例においては矩形波の電圧が安定する立ちあがり部分の僅かな所定時間後の部分にサンプリングのタイミングを同期させている。こうして認識部42では加速度波形51に相似の曲線54に沿ったデータ $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3 \dots P_{n-1}$ 、 $P_n$ からなる一連のデータ系列が得られる。図11では理解を容易にするために加速度波形51の周期に対して矩形波52の周期があまり高くないもので説明しているので各データ間の間隔が開いているが、矩形波52の周波数、つまりサンプリング周波数を充分高くしてサンプリング数を増やすことでデータ系列は加速度波形51に相似の曲線54に近似することになり、より正確な波形の情報を得ることができる。このようにセンサー駆動用電源の周期と同期させて出力をサンプリング処理するならば、センサー駆動用電源として交流矩形波以外にも交流正弦波等を用いることができる。

【0052】ここでセンサー21が振動を受けておらず且つ正規姿勢であればブリッジ回路の中間電極に電位差

は発生しないが、センサーの取付誤差などにより傾斜している場合などには振動を受けない状態であっても傾斜による電位差が発生するので振動の正確な検出に影響が生ずる。そこで本実施例においてはセンサー21からの所定時間、例えば電源投入後1秒間の出力をマイコン22の認識部42で認識し、この状態においてセンサー傾斜量が取付誤差として許容できる範囲内であればこの出力信号を正規姿勢とみなすようにマイコン22の補正部43がオフセット値を認識記憶する。その後のセンサーの傾斜または振動時における補正部43によるオフセット処理は、この記憶されたオフセット値に基いて行われる。またこのオフセット値は加速度センサーの設置後にセンサーが許容範囲内で傾く可能性を考慮して定期的に設定しなおしてもよい。例えば初期状態のオフセット値を基準値とし、定期的にオフセット値を取り直して基準値と比較することで、常に初期状態に対するセンサーの傾斜量を監視すると共にその時のセンサーの傾斜量に応じてより適切なオフセット値による正確な出力補正を行うことができる。

【0053】オフセット値認識記憶後において、補正部43は認識部42によって所定時間毎にサンプリングされた信号に対して前記のオフセット処理はもとより所定の補正処理を行うものであり、ここでは説明の便宜上、認識部42によるサンプリング周波数を100Hzとし且つ1データを得るためにサンプリングの回数を10回とする例で説明する。マイコン22の電源供給部41からはセンサーを駆動する為の矩形波が出力されるが、この例においては前述した理由で矩形波のプラス出力側に同期してサンプリングを行なう為に矩形波の周波数もサンプリング周波数と同じく100Hz(0.01秒周期)とされる。この矩形波によるセンサー21の出力端子X1、X2の電位差およびY1、Y2の電位差がそれぞれA/Dコンバータ23、24でデジタル信号に変換されてマイコン22に入力される。マイコン22では認識部42によって、前述のセンサーから入力された信号を矩形波に同期してサンプリングする。このサンプリングを所定の回数、この例では10回蓄積することにより、実質的に0.1秒間に亘るセンサーからの値が得られる。

【0054】ここでX方向の出力端子X1、X2の場合で説明すると、例えばセンサーに加えられる加速度周波数が1Hzの正弦波である場合、図8(A)に示す振動波形A1の振幅データはA/Dコンバータ23、24を通してマイコン22に入力され、認識部42によってサンプリングされる。このデータのサンプリングは矩形波と同期したタイミング、つまり0.01秒毎に繰り返され、データ $d_1 \sim d_{10}$ までの0.09秒間、次のデータ $d_{11}$ を取り込む直前までの時間を考慮して実質的に0.1秒間に亘って行われて、正弦波である振動波形の周期1秒間に亘り1/10周期分のデータがとりこま

れる。こうしてサンプリングされた10回の値を補正部43によって計算した平均値 $d_{x_1}$ を出力する。

【0055】次に認識部42は0.01秒後のデータ $d_{11}$ を取り込むと共に前回の計測における最初のサンプリングデータ $d_1$ を捨てて、今度はデータ $d_2 \sim d_{11}$ までの平均値 $d_{x_2}$ を補正部43によって計算し先に出力された平均値 $d_{x_1}$ の0.01秒後の値として出力する。

【0056】この補正処理方法においては図8(A)に示した様に振動波形A1に対する補正後のデータ $d_{x_1}$ は平均するデータのうちの最後に入力される $d_{10}$ の後に出来され、またその後に続く $d_{x_2}$ 以降のデータに関するても同様のタイミングで出力される。そのためこの補正後のデータは波形A2のように計測を始めた時点からみると計測時間分の遅れを生ずることになる。しかし実施例の場合でその遅れ時間は約0.1秒であり、感震器などに使用する場合に設定される誤判定防止のための計測時間などを考慮すると、この程度の遅れは実用上問題にはならない。

【0057】このように実際には補正後のデータは時間的な遅れを生じるが、この補正後のデータによる波形A2と元のデータの波形A1とを直接比較しやすいように、図8(B)に各補正值をサンプリングした時間帯の中間位置にプロットし直して時間軸を繰り上げたものをして示し、以下この図の如く時間軸を繰り上げたものとして説明する。なお、以下の説明で示す図8(C)及び(D)も同様に時間軸について繰り上げたものを示している。

【0058】こうしてマイコン22から繰り返される出力をA/Dコンバータ25で変換することにより補正された波形A2が得られる。なおここで示す波形A2は元の振動波形A1に対して連続的に繰り返されている補正処理の任意の部分を示したものである。加速度検出装置としてはこの出力波形A2をそのまま制御装置等に入力しても良いし、例えばこの出力波形A2を図示しないフィルタで滑らかな波形とし、さらに必要ならばアンプ29によって所定の電圧に増幅することにより与えられた振動波に対してより忠実なこの感震器の評価用出力を得ることができる。またD/Aコンバータ25はラダー抵抗等によって代用することもできる。この出力波形を判定装置などに入力して振動の大きさや種類を判定して都市ガス等の電磁弁を操作する制御装置などを駆動させることもできるが、ここでアナログ出力は必ずしも必要はなく直接マイコン22により電磁弁などの制御対象機器へと信号を出力して適宜の処理を施す様にしてもよい。

【0059】前述のようにして得られる補正後のデータは図8(B)に示す場合のように測定対象の周波数の低い領域で振動周期に対する計測時間幅の比率が小さい場合には、計測時間内での波形の変動が比較的穏やかなためにデータに対する補正はほとんどかからない。そのた

め加速度センサーからの出力に対する補正後の出力比率(以下出力比と言う)は図7の曲線 $L_3$ に示す様に高く、図8(B)に示す様に補正後の波形A2は補正前の波形A1とほぼ一致する。

【0060】これに対して加速度周波数が5Hzの場合の振動波形は図8(C)の波形B1に示す様に振動周期が0.2秒であり、計測時間幅である0.1秒間はこの振動周期の1/2となる。このときの平均値は上述した1Hzの場合と同様に計算することにより元の波形の約0.64倍となりB2のような波形となる。さらに加速度周波数が10Hzの場合の振動波形では図8(D)のC1に示す様に振動周期は0.1秒となり、計測時間幅と振動波形の1周期が同期する。そのためサンプリングデータの平均値C2は常に零となる。

【0061】なお、この補正方法ではサンプリング周波数と振動周波数が一致した場合、サンプリングのタイミングによって振動波形のピーク時だけを取り込んだり、逆に零になる部分だけを取り込んでしまう可能性がある。しかしながら可動部として液体を使用した加速度センサーにおいては、高い周波数の振動に対しては液体はその粘性により充分に追従できずセンサーの出力が低下する周波数特性を有している。この周波数特性は容器の内径や液体の種類によって若干違うが概ね40~50Hzを超えるとセンサーからの出力はほぼ零になるため、このような加速度センサーを使用する本発明においては問題にならない。つまり実際のサンプリング処理は分解能などを考慮して100Hz以上で行われるので、サンプリング周波数と振動周波数が一致する時点ではセンサーからの出力は零であり、当然補正後の出力も零となる。また感震器に使用される場合にもこのように高い周波数の振動は生活振動であり検出する必要が無い。

【0062】実施例の加速度検出装置において実際にはこの前述の平均値は出力する前にマイコン22の有する合成部44によってY方向の平均値と合成処理される。この合成処理はX方向の平均値 $d_x$ とY方向の平均値 $d_y$ をそれぞれ2乗して足したもの平方根を求めるものである。こうしてマイコン22からの出力は、360°全方向に対する振動の大きさと振動の波形を示す信号として出力される。もちろん必要ならばXYそれぞれの信号を合成しないままに制御装置などへ出力する様にしても良い。

【0063】上述の補正による出力比の変動を図7に示す。出力比は前述した様に振動周期に対する計測時間幅の比率によって変化するが、これは計測時間幅が一定である場合には出力比と振動周波数との関係に置き換える事ができる。例えば1周期の波長が計測時間幅と一致する振動周波数を同期周波数 $f_a$ と規定すると、図5に曲線 $L_3$ で示す様に振動周波数が同期周波数 $f_a$ よりも充分に低い場合には出力比は高く、振動周波数が同期周波数 $f_a$ に近づくにつれて減少する。そして振動周波数が

同期周波数  $f_a$  と一致するところで出力比は一旦零となる。さらに振動周波数が高くなると出力比は再び上昇するが、計測時間中に含まれる1周期分は事実上相殺されるために、1周期に満たない部分の積算値のみを計測時間で割ることとなる。つまり継続時間の一部を全体で割ることになるため、その最大値は0.2強に留まり、さらに振動周波数が高くなるにつれ再び減少して同期周波数  $f_a$  の2倍となる点2  $f_a$  で再び零になる。

【0064】このように出力比は振動周波数が同期周波数  $f_a$  の整数倍となる所で零になりながら増減を繰り返すと共に、振動周波数が高くなるほどに増加時の最大値は下がっていく。こうして周波数の高い振動に対しては補正後の信号出力を低くすることができる。この補正により本実施例の加速度検出装置の様に加速度センサーが測定領域付近に共振周波数を有し出力が上昇する場合にも、共振周波数付近での出力の上昇を抑えることができる。さらに地震器として使用する場合には、地震による振動よりも高い周波数の振動による出力が抑えられるので、生活振動などによる誤動作を防ぐことができる。

【0065】例えばセンサー出力の周波数特性に応じた補正方法としては上述した方法の他にも、周波数特性を予め補正処理回路に記憶させた上で、入力された振動の周波数成分を分析して各周波数ごとに補正をかけて出力する方法としても良い。

【0066】この共振周波数は容器の大きさを変えたり液体の粘度を変える事により若干調整することができるが、導電性液体の粘度は前述した理由から事実上共振周波数を変えるほどには上げることができない。また容器の大きさを変える場合も共振周波数を地震波の周波数の下限である1 Hz以下にしようとするとき容器の内径を100 mm以上にする必要があるので小形の加速度センサーを求める場合には現実的ではないとともに、共振周波数の前後の周波数成分についても感度が上昇するため地震波全般に亘って均一な特性とすることはできない。また内径を小さくする場合も容器とリード端子との距離が必要以上に小さくなると表面張力の影響などが出てくるためおのずと限界がある。例えば実施例で示した導電性液体としてシクロヘキサンに硝酸リチウムを溶解したものを使用したものでは、容器の内面の直径は約6 mmとされ共振周波数は14 Hz程度に設定される。

【0067】なお上述した補正部による補正処理の説明では理解を容易にするためにセンサー駆動用の交流矩形波の周期とサンプリング回数の関係を10 Hzが同期周波数  $f_a$  となるもので説明したが、この同期周波数  $f_a$  はこれに限定されること無く任意の周波数に設定することができる。例えば前述した共振周波数が14 Hzとなる加速度センサーでは、共振周波数である14 Hzよりやや高い16 Hzが同期周波数  $f_a$  となるように、サンプリング周波数を128 Hz、サンプル数を8としている。この様に設定したことにより、もともと出力が比較

的平坦な低周波領域では加速度センサーからの出力が不需要に補正されることではなく、またセンサー出力が高くなる共振周波数に向かって徐々に出力比を下げることによりセンサー出力の共振による変動分を相殺でき、広い周波数の振動に対してほぼ平坦な出力特性を得ることができる。また振動周波数が共振周波数を超えると急激に補正後の出力が下がり、前述した様に計測時間比が1となる16 Hzで出力は零となり、さらにそれ以上の領域でも補正後の出力はあまり上がらないが地震器としては検出の必要のない生活振動による周波数範囲なので問題はない。

【0068】前述の説明においては加速度検出装置に印加する振動の波形として単純な正弦波を使って説明したが、実際の地震波は異なる周波数の振動波が合成されたものである。この場合には上述の補正をおこなうことなく、加速度センサーの共振周波数による波形の乱れをなくすと共にセンサーからの信号に含まれる高周波成分のノイズを抑え、本来の地震波に対して、より忠実な出力波形を再現することができる。この様に信号を処理することで外部の制御装置などによる振動周波数の分析が容易になり、振動加速度の大きさと振動周波数に合わせて制御装置による処理方法を変えることなどが可能になる。

【0069】また実施例においては地震波の周波数領域及びそれよりも高い周波数領域の生活振動に至るまでほぼ平坦な出力特性となるようにした補正方法について述べたが、地震波以外の周波数の振動を始めから検出しない様にするのであれば平坦な出力特性を持つ部分を地震波の周波数に絞り込んで8~10 Hzで出力が零になる様にサンプリング周波数及びサンプリング数を設定しても良いことは言うまでもない。

【0070】また実施例においては地震波の周波数領域及びそれよりも高い周波数領域の生活振動に至るまでほぼ平坦な出力特性となるようにした補正方法について述べたが、例えば密閉容器の内径が25 mmのものと共に共振周波数が5 Hz付近にあるものにおいては、地震波以外の周波数の振動を始めから検出しない様に共振周波数で出力が零になる様にサンプリング周波数及びサンプリング数を設定しても良いことは言うまでもない。

【0071】さらに実施例では、温度特性に応じて出力補正を行うためにセンサー21の電圧が印加される側の端部と直列に固定抵抗を基準抵抗30として接続し、この基準抵抗30の両端部の電圧がA/Dコンバータ31を介してマイコン22に入力され温度検出部45によって測定されている。ここで温度によって抵抗変化をするのは導電性液体を持つセンサー21であるが、基準抵抗とセンサーとを直列につないだ回路全体に印加される電圧は予め決まっているので、温度検出部45は本センサーの使用温度範囲内においてはほとんど抵抗値の変化しない固定抵抗である基準抵抗の両端にかかる電圧の変化

を測定することによって、センサー21の電圧変化を推定することができる。こうして温度検出部45によって求められた電圧値からセンサー21の抵抗値、つまりセンサー内の導電性液体の温度が判るので、この電圧値を前記補正部43に入力することによって導電性液体の温度特性に応じた出力補正を行うことができる。またこの電圧値を温度情報として外部に出力することにより、センサーが取付けられた機器やその周辺機器の制御部分に入力してこれらの機器が温度変化に応じて制御されるようになることができる。

【0072】なお、上述の例においては加速度応動素子として図1及び図2に示した如き副電極であるリード端子が4本固定されたものを使用した場合を例に述べたが、例えば図12(A)及び(B)に示すように金属板63の中心線上に貫通孔63Aを穿ち、2本のリード端子65A及び65Bをそれぞれ図示しない金属容器と等距離となるように電気絶縁性充填材66で密封固定したものを使用してもよい。この加速度応動素子を1個使用してブリッジ回路を構成すれば傾斜や加速度のリード端子に沿った方向成分のみを検出する加速度センサーを得ることができる。またこの加速度応動素子を2個使用してそれぞれのリード端子がX方向及びY方向に沿うように配置することにより、図3に示した回路の加速度センサーを得ることができる。またこのような加速度応動素子を複数用意し、例えば60度とか45度おきに検出方向を変えて配置してそれぞれの検出値を合成処理することにより、より精度の高い加速度センサーを得ることができる。

【0073】また実施例では加速度応動素子として主電極となる金属製の密閉容器に副電極となる複数のリード端子を貫通固定したものを例に述べたが、加速度応動素子としてはこの他にも例えば図13に示す様に金属容器またはガラス等の電気絶縁性材料からなる密閉容器に主電極となるリード端子を中心にして副電極となる複数のリード端子を配設したものであっても良い。この加速度応動素子71はガラス製の密閉容器72の内部に導電性液体73が封入されており、密閉容器72にはその中心に主電極74が設けられていると共に、副電極75A乃至75Dが等間隔で且つ主電極との距離がそれ同一になる様に配設されている。この例においては主電極74はその先端が液面下になるようにされ常に導電性液体73との接触面積が変化しない様にされているが、先端が液面上に出ていても密閉容器72の中心部では液位はほとんど変化を起こさないので問題は無い。

【0074】この加速度応動素子71においては傾斜や加速度によって液面が傾くと、中央に位置する主電極74は導電性液体73中にあるので液体との接触面積は変化せず、副電極75A乃至75Dに対する液位は傾斜によって変化するので、主電極と各副電極との間の抵抗値の変化を検出することで液面の傾斜角度を知ることがで

きる。またこの加速度応動素子71によって前述した実施例と同様のブリッジ回路を構成して加速度センサーとされること、及びこの加速度センサーを使用して加速度検出装置を得られることは言うまでも無い。

【0075】この加速度応動素子71によれば密閉容器が電気絶縁物なので、表面張力の影響の出ない範囲で副電極と容器との距離を短くすることができ、結果として副電極を中心から離すことができるので液面傾斜時の副電極に対する液位の変化を大きくすることができ、加速度や傾斜に対する加速度センサーの出力を大きくする事ができる。また上述したそれぞれの加速度応動素子は上下を逆に設置しても使用できる。

#### 【0076】

【発明の効果】本発明の加速度応動素子によれば、密閉容器の内径を4mm以上25mm以下とし、各電極を液面が移動する範囲内において互いに少なくとも1mm以上の間隔を有するように配置したことによって、加速度応動素子自身の持つ共振周波数が地震波の検出に対して与える影響を排除することができ、さらに導電性液体の粘性や表面張力による液体の動作への影響を無視できる程度に低減することができる。

【0077】また本発明は導電性液体を使用したことにより小形で衝撃加速度に強く取り扱いが容易なセンサーとでき、さらに加速度や傾斜の大きさに比例した信号を得ることができる。また取付誤差の分だけ傾斜した状態をオフセット処理により除去できるので、部品点数が少なく単純な構造でありながら全方向の加速度を確実に検出することができる。

【0078】本発明によれば加速度に応動する可動部が液体であり尚且つその他の部品も密閉容器とリード端子だけであるため、構造上特に高い精度を有する部分とか、剛性を抑制する必要は無く通常の取り扱いにおける衝撃加速度程度で破損したり特性が変化することはない。

【0079】またこの加速度応動素子を加速度センサーに使用する際に2個使用して両センサーがブリッジ回路を構成するように各リード端子を接続することにより、センサーからの出力電圧を2倍にすると共に導電性液体の温度による抵抗変化の影響を無くして周囲温度の変化による加速度センサーの誤判断、誤動作を防止することができる。

【0080】また加速度センサーのブリッジ回路と直列に固定抵抗を接続し、ブリッジ回路の電圧が印加される両端部と固定抵抗の両端部との電圧の比率を測定することで加速度応動素子の導電性液体の温度検出をして、センサー出力の導電性液体などの温度特性に応じた補正等を行うことができる。

【0081】さらにセンサー駆動用電源に同期して加速度応動素子からの出力信号をサンプリング処理することにより、加速度センサーを交流電源のように電圧が変動

する電源で駆動するが、センサーからの出力信号が変調されても信号処理を容易にすることができる。さらに駆動電源として正弦波や矩形波のような交流電圧を印加することにより、加速度応動素子に使用される導電性液体の電気分解や液体の分極による抵抗値の変化を避けることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の加速度応動素子の一実施例を示す縦断面図

【図2】図1に示す加速度応動素子のリード端子の位置関係を示すための斜視図

【図3】本発明の加速度センサーの一実施例を示す回路図

## 【図4】本発明による加速度センサーの他の実施例

## 【図5】図4の回路を説明するための略図

## 【図6】加速度応動素子の周波数特性を示す図

【図7】補正前後の信号の出力比と振動周波数との関係を示す図

【図8】図7の曲線を説明するための各振動周波数における波形図

【図9】加速度センサーからの出力を補正処理する回路をブロック図で示した一実施例

【図10】センサーからの信号処理の流れを示すブロック図

【図11】センサーからの出力の取込み方を説明するための波形図

【図12】本発明による加速度応動素子の他の実施例を示す斜視図

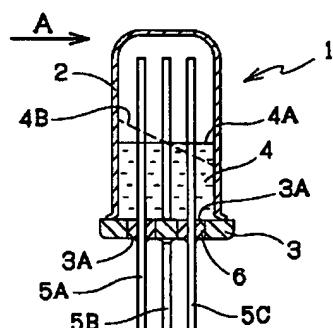
【図13】本発明に使用される加速度応動素子の他の実施例を示す斜視図

【図14】加速度応動素子の内径と共振周波数の関係を示す図

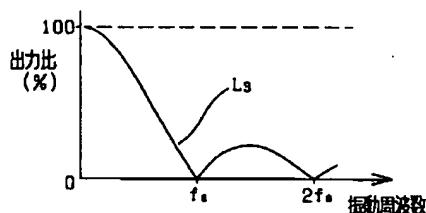
## 【符号の説明】

- 1, 11, 71 : 加速度応動素子
- 2, 12 : 容器（主電極）
- 3 : 金属板（主電極）
- 4 : 導電性液体
- 5A, 5B, 5C, 5D, 15A, 15B, 15C, 15D, 65A, 65B : リード端子（副電極）
- 21 : センサー
- 22 : マイコン
- 23, 24 : A/Dコンバータ
- 30, R<sub>A</sub> : 基準抵抗
- 41 : 電源供給部
- 42 : 認識部
- 43 : 補正部
- 44 : 合成部
- 45 : 温度検出部
- 72 : 密閉容器
- 73 : 導電性液体
- 74 : 主電極
- 75A, 75B, 75C, 75D : 副電極

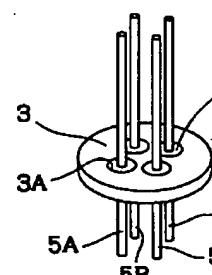
【図1】



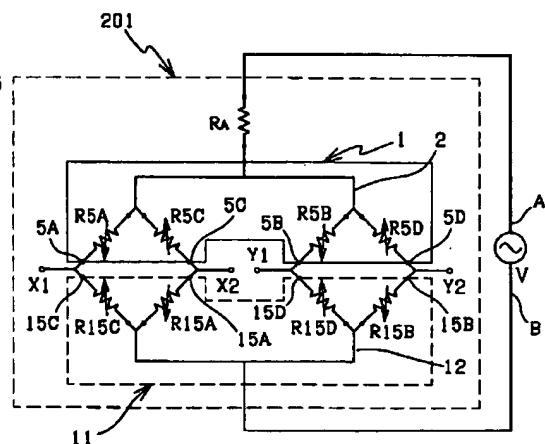
【図7】



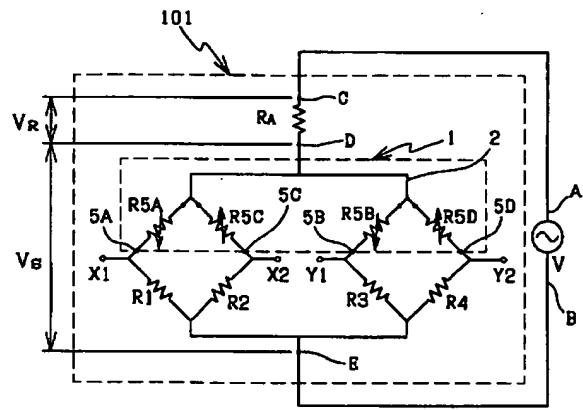
【図2】



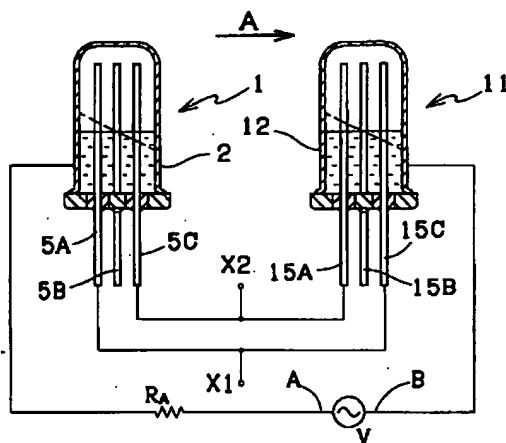
【図4】



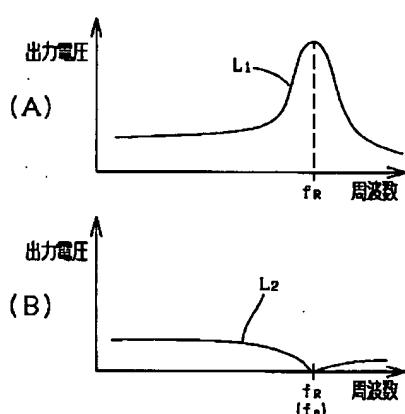
【図3】



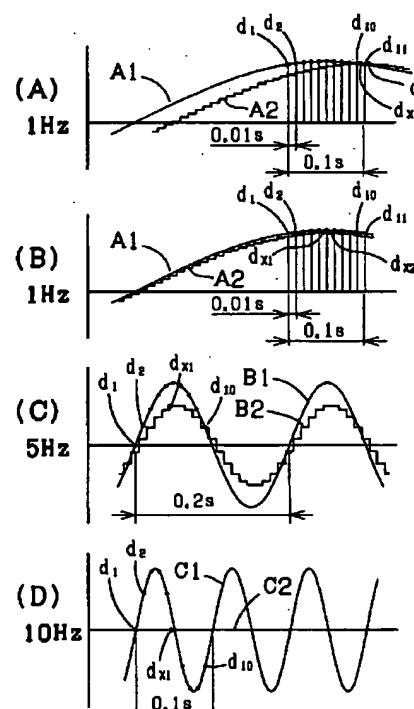
【図5】



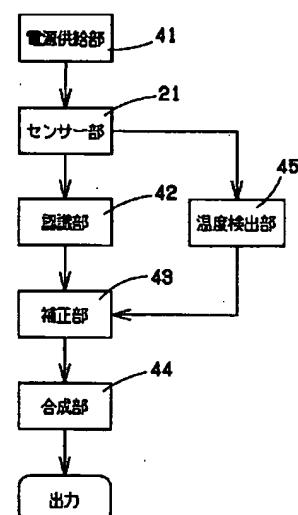
【図6】



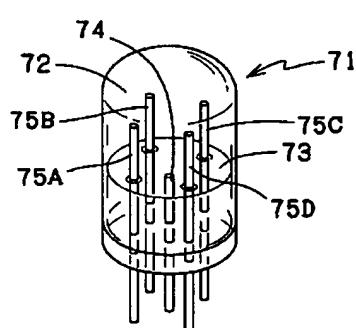
【図8】



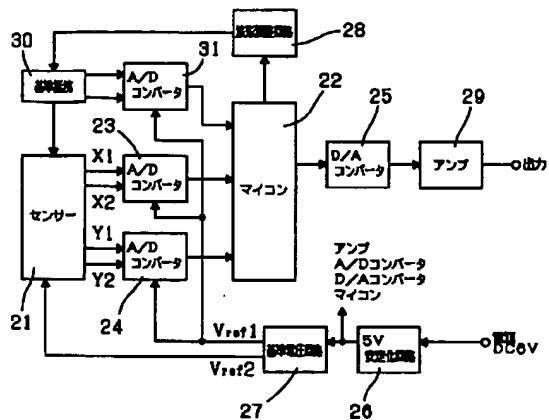
【図10】



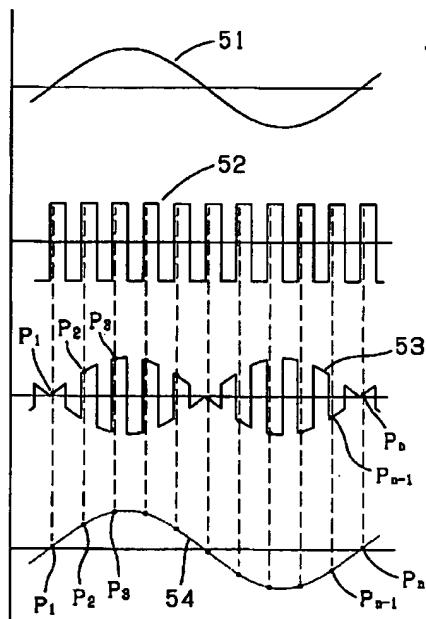
【図13】



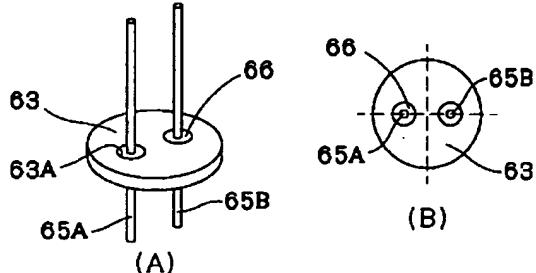
【図9】



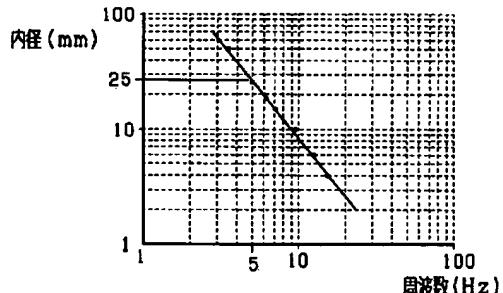
【図11】



【図12】



【図14】



フロントページの続き

(72) 発明者 寺西 敏  
名古屋市南区宝生町4丁目30番地 株式会  
社生方製作所内

(72) 発明者 戸田 孝史  
名古屋市南区宝生町4丁目30番地 株式会  
社生方製作所内  
(72) 発明者 小関 秀樹  
名古屋市南区宝生町4丁目30番地 株式会  
社生方製作所内